

画像認識を用いた視覚障がい者向け歩行者用信号 ナビゲーションシステム

日大生産工 ○植村 あい子 間田 潤 豊谷 純

1. はじめに

視覚障がい者にとって、信号は行動を制限する大きなバリアとなっている。歩行者用信号機は、令和2年度末に全国で1,030,579基（LED式60.7%）が設置されており、そのうち音響式信号機は約2%の設置に留まっている。盲導犬については、2022年3月末で848頭しか実働していない¹⁾。しかし、視覚障がい者は31万人²⁾と全く供給ができていない状況にある。組込型の小型コンピュータを利用して、盲導AIを開発できれば、多くの視覚障がい者の支援になると期待できる。

これまで視覚障がい者の歩行支援として、歩行者信号の情報を伝えるアプリケーション「信GO！」³⁾や、いくつか歩行者信号認識の手法が提案されてきた^{4,5)}。どれも信号機を高速に検出することを目指しているが、電球式・LED式両方への対応、太陽光や時間帯の条件などによる検証が十分に行われていなかったりする。そこで本研究では電球式・LED式両方に対応し、日中・夜間も視覚障がい者に歩行者信号の状態を振動で伝えられるシステムを検討する。本稿では、システムのプロトタイプを紹介し、現段階での歩行者用信号検出性能について報告する。

2. システムの概要

本研究では、Windows10 搭載のミニコンピュータ Quieter2Q 上に Python をインストールして、会議用 Web カメラ（サンワサプライ CMS-V43BK）で取得した画像から信号を検出する。Fig. 1 のように箱を車輪付きケースに取り付け、箱の中にミニコンピュータが入る。振動装置は USB アダプタを用いて USB シリアルデバイスとして接続をする。システムでは入力画像から5フレーム青信号と認識したときにハンドル部分に取り付けた振動装置が0.5秒振動し、0.5秒停止することを繰り返す設計とする。

3. 手法

リアルタイムの物体検出手法として、今回は OpenCV で提供されているブースティン



Fig.1 プロトタイプシステム

グされたカスケード分類器⁶⁾と YOLOv5⁷⁾を利用した。

3.1 データセットと前処理

歩行者用信号機（青・赤信号）の写真を人手での撮影とフリー画像サイト⁸⁻¹¹⁾で収集し、信号機部分に対して矩形領域のアノテーションを付与した。アノテーションは人手で929枚つけ、その後回転、平滑化、インパルスノイズ付与をランダムに行ってデータを水増しし、7236枚（青：4046、赤：3190）を得た。カスケード分類器の負例データには、標識、道路用信号や横断歩道などのデータに加え、Microsoft COCO¹²⁾から様々なジャンルの画像について青信号用2181枚、赤信号用2433枚用意した。カスケード分類器用に予備検討に基づき、Haar-like 特徴量を抽出した。

3.2 学習

カスケード分類器の学習では、各ステージで使用する正例の数は2500とし、許容する最小検出率は0.995とした。学習ステージは全20個で、ブースティングの手法としては Gentle AdaBoost を用いた。また、YOLO v5 の学習では、s モデルを使用し前述の7236枚を学習した。バッチ数は16、学習回数は1000、最適化手法には Stochastic Gradient Descent (SGD) を利用し学習率は0.01とした。

4. 実験

4.1 実験方法

各々のモデルの性能を評価するため、歩行者用信号機の青信号/赤信号を対象とし、静止画像による評価を行った。道路を渡ってよいという判断の信頼性を高めるため、本研究では適

表1 青信号・赤信号のIoUとmIoU

	青信号	赤信号	mIoU
カスケード	0.837	0.639	0.738
YOLOv5	0.849	0.794	0.821

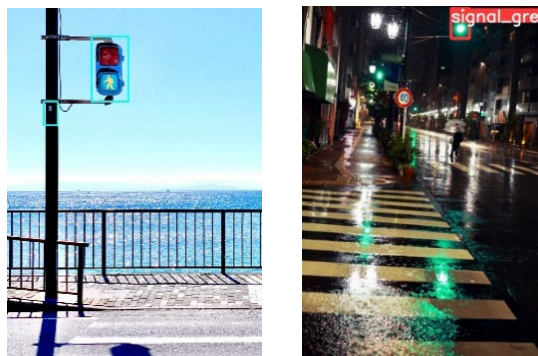


Fig.2 誤検出の例（左：カスケード分類器，右：YOLO）

合率が高くなるよう，カスケード分類器のパラメータを予備検討に基づき調整した．実験では，学習データとは別の 107 枚（青信号 61 機，赤信号 58 機を含む）の画像を用いた．

4.2 実験結果

カスケード分類器とYOLOv5の検出結果をmIoU（mean Intersection over Union）で評価した．IoUは，2つの領域がどれくらい重なっているかを表す指標で，以下の式で表される．

$$IoU = \frac{TP}{TP + TN + FN} \quad (1)$$

TPは正検出の画素数，TNは領域外で領域外と検出できた画素数，FNは未検出の画素数である．IoUを複数枚について算出し，クラス平均値をとることでmIoU（mean IoU）が算出できる．このとき，カスケード分類器とYOLOの結果を表1に示す．

表1より，YOLOの方が信号領域の検出性能が高いことがわかる．YOLOでは信号機が画像上で小さい場合も検出することができたことから，実際の横断歩道で距離がある場合も検出できると期待できる．一方で両手法とも，Fig. 2右のような夜間の歩行者用信号機が未検出であった．これは夜間だと光が散乱し信号機そのものの形が捉えづらかったことが理由に挙げられる．

4.3 実環境でのテスト

実際に著者らがYOLOv5のシステムを横断歩道で使用したところ，以下のような問題が生じた．

- ・ 残り時間が縦のバーで表示される最新式の信号には反応しない．

- ・ 片側 3 車線の広い道になると信号が認識できない．

- ・ カメラの方向が変わると道路の向こう側の横方向の歩行者信号に反応してしまう．

現時点では，画像内に赤信号が含まれてしまう場合，振動しない処理をしている．広い交差点の場合，信号機を複数含んでしまい振動が止まってしまうので，今後は信号機がカメラの正面にあるかということも考慮する必要がある．

5. おわりに

本稿では，歩行者信号の検出に関して，カスケード分類器とYOLOv5を用いてナビゲーションシステムの検討を行った．今後の課題として，夜間の信号の検出性能を上げること，点滅時の予測，信号機が正面にあることを判定するなど，実際の横断歩道に近い条件を考慮した性能の改善が挙げられる．

謝辞

執筆にあたりヒアリングにご協力いただいた木村愛子氏，度会直也氏，ハードウェアへのアドバイスをしてくださった丹治昭夫氏に感謝する．

参考文献

- 1) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部 身体障害者補助犬実働頭数
<https://www.mhlw.go.jp/content/12200000/000952219.pdf>
- 2) 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課 身体障害児・者実態調査結果
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/dl/01.pdf>
- 3) 歩行者支援アプリケーション：信GO！
https://www.signal.co.jp/products/traffic/traffic_new/#lineup08
- 4) 馬場他，情処全大，pp. 543-544，2015年．
- 5) 的場他，インタラクシオン2017，pp. 799-802，2017年．
- 6) R. Lienhart *et al.*,” In proceedings of IEEE ICIP, 2002, pp. 900-903.
- 7) G. Jocher *et al.*, YOLOv5
<https://github.com/ultralytics/yolov5>, 2021.
- 8) Photock <https://www.photock.jp/>
- 9) PAKUTASO <https://www.pakutaso.com/>
- 10) 写真AC <https://www.photo-ac.com/>
- 11) フリー素材.com
<https://free-materials.com/>
- 12) T-Y Lin *et al.*, Computer Vision – ECCV, 014, pp. 740-755.